

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ОПЕРАТИВНОСТІ КЕРУВАННЯ В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

*А.С. Шворов, викладач
Військова частина К 1410*

У статті наведена методика оцінки оперативності реалізації процесів збору та обробки інформації, а також видачі управляючих сигналів на об'єкти керування в складних системах управління. Запропоновані аналітичні співвідношення оцінки оперативності управління з урахуванням випадкового характеру процесів збору та обробки даних, а також управління об'єктами у реальному часі із заданим часовим циклом.

Аналітична модель, обчислювальна мережа, оперативність керування, складна система управління.

Постійне зростання об'ємів інформації в обчислювальній мережі (ОМ) складної системи управління (ССУ) призводить до різкого перенавантаження ОМ, а в деяких випадках до несвоєчасної видачі сигналів (команд) управління для переведення об'єктів управління у необхідний стан. Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що одним із шляхів визначення оперативності процесів збору та обробки даних, а також реалізації управління у ССУ є розробка та використання методів математичного моделювання. У даний час для одержання різних техніко-економічних оцінок розроблена досить велика кількість аналітичних моделей функціонування ОМ [1-6]. Однак, у даних моделях не в повній мірі враховуються ймовірнісні характеристики процесів збору та обробки даних у ССУ.

Метою досліджень – розробка методики оцінки оперативності керування в складних системах управління.

Матеріал та методика досліджень. Для визначення оперативності процесів збору та обробки даних, а також керування в ССУ розглянемо загальну схему її функціонування.

Нехай в деякий момент часу настала така ситуація, виявлення якої в ССУ вимагає вирішення завдання управління (ЗУ), що закінчується доведенням команди до виконавчого органу, який переводить об'єкт у необхідний стан. Об'єкт управління повинен бути переведений в потрібний стан за час, протягом якого така ситуація продовжує зберігатися. Зі зміною ситуації відпадає необхідність керуючого впливу на об'єкт управління. Основною характеристикою такої системи є ймовірність виконання завдань обробки інформації за час реакції системи – τ_p , який в сукупності з резервним часом t_R становить заданий цикл функціонування ССУ $T_{цф} = \tau_p + t_R$. Для розробки методики та математичної моделі оцінки впливу різних складових часу τ_p на ймовірність своєчасного виконання ЗУ позначимо через:

T_o – час, витрачений на виявлення ситуації для вирішення ЗУ;

T_y – час, витрачений на формування команди управління та її проходження до виконавчого органу ССУ, включаючи її передачу, обробку і перетворення;

T_e – час, витрачений на виконання команди управління, тобто на установку об'єкта управління в потрібний стан.

Кожна із зазначених величин характеризує окремий процес виконання ЗУ. Тільки зіставляючи загальні витрати часу на вирішення ЗУ з тривалістю даній ситуації, можна судити про своєчасність виконання завдання управління ССУ. Завдання управління об'єктом може бути виконано своєчасно в тому випадку, якщо загальний час на реалізацію процесу управління виявиться не більше тривалості циклу функціонування ССУ:

$$\tau_p = T_o + T_y + T_n \leq T_{\phi} \quad (1)$$

Необхідно відзначити, що нерівність (1) виражає лише умову своєчасності виконання завдання управління, а не загальну умову реалізації процесу, що визначається не тільки балансом часу.

У загальному випадку всі вхідні в нерівність (1) величини є випадковими, і тому її виконання є випадковою подією. Імовірність $P_{сч}(T_o + T_y + T_n \leq T_{\phi})$ цієї події виражає одночасно і можливість виявлення, і своєчасність виконання завдання управління при виникненні такої ситуації [7, 8].

Ефективність ССУ (W) може визначатися наступним чином

$$W = P_{нф} \cdot P_{сч} \cdot P_e, \quad (2)$$

де $P_{нф}$ – надійність функціонування (ймовірність безвідмовної роботи) усіх елементів ССУ; $P_{сч}$ – ймовірність своєчасної обробки інформації у ССУ; P_e – ймовірність переведення об'єктів управління в необхідний стан.

Завдання видачі команди управління ставиться і виконується тільки за умови необхідності переведення об'єкта управління в потрібний стан, тому відповідно з формулою повної ймовірності – ймовірність своєчасної реалізації процесу $\tau_p = T_o + T_y + T_n \leq T_{\phi}$ підпорядкована показовому закону розподілу. Якщо $P_{нф}$ та P_e близькі до одиниці, то ефективність ССУ визначається значенням $P_{сч}$, тобто оперативністю керування в ССУ.

Розглянемо математичну модель оцінки оперативності керування для n випадкових величин процесів управління, розподілених по показовому закону.

Якщо випадкові величини $T_i, i = \overline{0, n}$ незалежні і підпорядковані показовому закону розподілу, то ймовірність своєчасного виконання ЗУ за час T_{ϕ} визначається виразом

$$P_{ce}(T_{uf}) = \left[(-1)^{n-1} \prod_{i=0}^n \lambda_i \sum_{j=0}^n \frac{1 - e^{-\lambda_j T_{uf}}}{\lambda_j \prod_{j \neq k} (\lambda_j - \lambda_k)} \right] / 1 - e^{-\lambda_0 T_{uf}}, \quad (3)$$

де $\prod_{j \neq k}^n$ – означає перемноження всіх біномів виду $(\lambda_j - \lambda_k)$ при $k = 1, 2, 3, \dots, j-1, j, j+1, \dots, n$, крім $j = k$.

Формула (3) виводиться при умові, якщо показник $P_{ce}(T_{uf})$ для довільного числа операцій n , які виконуються за час циклу T_{uf} , визначається виразом

$$P_{ce}(n, T_{uf}) = \frac{P[(T_0 + T_1 + \dots + T_n) \leq T_{uf}]}{P(T_0 \leq T_{uf})}. \quad (4)$$

Розглянемо вираз (4) по частинах. Тут імовірність $P(T_0 \leq T_{uf})$ являє собою інтегральну функцію розподілу випадкової величини T_0 :

$$P(T_0 \leq T_{uf}) = \int_{-\infty}^{T_{uf}} f_0(t) dt, \quad (5)$$

де $f_0(t)$ – функція щільності розподілу випадкової величини T_0 .

При показовому законі розподілу випадкової величини функція $f_0(t)$ дорівнює $f_0(t) = \lambda_0 e^{-\lambda_0 t}$, де λ_0 – інтенсивність появи випадкової події T_0 (інтенсивність виявлення необхідності рішення ЗУ), t – час, що змінюється від 0 до ∞ .

В цьому випадку ймовірність $P(T_0 \leq T_{uf})$ виразиться у вигляді:

$$P(T_0 \leq T_{uf}) = \int_{-\infty}^{T_{uf}} \lambda_0 e^{-\lambda_0 t} dt. \quad (6)$$

Взявши цей інтеграл, одержимо

$$P(T_0 \leq T_{uf}) = 1 - e^{-\lambda_0 T_{uf}}. \quad (7)$$

Ймовірність $P[(T_0 + T_1 + \dots + T_n) \leq T_{uf}]$ являє собою функцію розподілу суми n випадкових величин і знаходиться як

$$P\left[\sum_{i=0}^n T_i \leq T_{uf}\right] = \int_{-\infty}^{T_{uf}} f_n(t) dt, \quad (8)$$

де $f_n(t)$ – щільність розподілу композиції (суми) n незалежних випадкових величин, розподілених за експоненціальним законом.

Знайти щільність $f_n(t)$ можна двома такими методами:

методом згортки законів розподілу випадкових величин. Згортокою називається інтеграл

$$f_{\xi_1 + \xi_2}(z) = f_{\xi_1}(z) * f_{\xi_2}(z) = \int_{-\infty}^{\infty} f_{\xi_1}(z - y) \cdot f_{\xi_2}(y) dy; \quad (9)$$

методом, який заснований на тому, що характеристична функція суми незалежних випадкових величин дорівнює перемноженню характеристичних функцій кожної величини. Цей метод істотно полегшує процес вирішення даної задачі.

У цьому випадку характеристичною функцією випадкової величини ξ називається математичне сподівання комплексної випадкової величини $e^{it\xi}$, де t – будь-яке дійсне число, а $i = \sqrt{-1}$, тобто

$$\varphi_{\xi}(t) = M e^{it\xi}. \quad (10)$$

Якщо ξ дискретна, то

$$\varphi_{\xi}(t) = \sum_{k=1}^{\infty} e^{itx} P_k. \quad (11)$$

і якщо ξ неперервна, то

$$\varphi_{\xi}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} f(x) dx. \quad (12)$$

Випадкові величини $T_0, T_1, \dots, T_n$ розподілені за показовим законом зі щільностями ймовірності

$$\left. \begin{aligned} f_0(x) &= \lambda_0 e^{-\lambda_0 x} \\ f_1(x) &= \lambda_1 e^{-\lambda_1 x} \\ &\dots\dots\dots \\ f_n(x) &= \lambda_n e^{-\lambda_n x} \end{aligned} \right\} x \geq 0. \quad (13)$$

Отже, з виразів (12) і (13) маємо, що характеристичні функції випадкових величин T_j , $j = 0, n$ будуть визначатися як:

$$\begin{aligned} \varphi_0(t) &= \int_{-\infty}^{\infty} \lambda_0 e^{-x(\lambda_0 - it)} dx = \frac{\lambda_0}{\lambda_0 - it}, \\ \varphi_1(t) &= \frac{\lambda_0}{\lambda_0 - it}, \\ &\dots\dots\dots \\ \varphi_n(t) &= \frac{\lambda_n}{\lambda_n - it}. \end{aligned} \quad (14)$$

Перемноживши ці вирази, знаходимо характеристичну функцію суми n випадкових величин:

$$\varphi_{\sum T_j}(t) = \prod_{j=0}^n \frac{\lambda_j}{\lambda_j - it}. \quad (15)$$

Із формули (12) видно, що характеристична функція є перетворенням Фур'є від щільності ймовірності $f(x)$ випадкової величини ξ . Так як при всіх реальних t модуль $|e^{it\xi}| = 1$, то інтеграл (12), що залежить від параметра t , сходиться рівномірно по всій числовій осі, тому що

$$\left| \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} f(x) dx \right| \leq \int_{-\infty}^{\infty} |e^{itx}| |f(x)| dx = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1. \quad (16)$$

При дискретному значенні ξ ряд (11) може сходитися при всіх t :

$$\left| \sum_{k=1}^{\infty} e^{itx_k} P_k \right| \leq \sum_{k=1}^{\infty} |e^{itx_k}| P_k = \sum_{k=1}^{\infty} P_k = 1. \quad (17)$$

Цим самим встановлено існування характеристичних функцій для всіх імовірнісних розподілів. Якщо випадкова величина ξ неперервна, то її щільність розподілу ймовірностей однозначно визначається за допомогою зворотного перетворення Фур'є:

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} \varphi_{\xi}(t) dt. \quad (18)$$

Використовуючи це перетворення для функції оригіналу $f_{\sum T_j(x)}$, отримуємо

$$f_{\sum T_j}(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-itx} \prod_{j=0}^n \frac{\lambda_j}{\lambda_j - it} dt. \quad (19)$$

Цей інтеграл знаходиться за допомогою теореми відрахувань [7], згідно з якої

$$f_n = F\left(\sum_{j=0}^n T_j\right) = (-1)^{n-1} \prod_{i=0}^n \lambda_i \sum_{j=0}^n \frac{e^{-\lambda_j t}}{\prod_{j \neq k} (\lambda_j - \lambda_k)}, \quad (20)$$

де $\prod_{j \neq k}^n$ – означає перемноження всіх біномів виду $(\lambda_j - \lambda_k)$ при $k = 1, 2, 3, \dots, j-1, j, j+1, \dots, n$, крім $k = j$.

Підставляючи $f_n(t)$ у формулу (8) та виконуючи інтегрування від 0 до $T_{цф}$ отримуємо співвідношення, яке співпадає із чисельником формули (3), що дозволяє при визначенні оперативності керування у ССУ враховувати імовірнісний характер процесів вирішення ЗУ.

Висновки

Таким чином, за допомогою розробленої методики оцінки оперативності керування, що базується на використанні математичної моделі функціонування складної системи управління, забезпечується визначення ймовірності реалізації керування з урахуванням випадковості процесів збору та обробки даних, а також видачі команд управління на об'єкти управління для переведення їх у необхідний стан у реальному часі із заданим часовим циклом.

Список літератури

1. Брюхович Е.И. Экономическая стратегия разработки вычислительных средств: Место и роль вычислений / Е.И. Брюхович // Управляющие системы и

машины. – 1990. – № 2. – С. 3-18.

2. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: Теорія, синтез, ефективність / [Тарасов В.О., Герасимов Б.М., Левін І.О., Корнійчук В.О.]. – К.: МАКНС, 2007. – 336 с.

3. Головкин Б.А. Техничко-економические модели и оценки ЭВМ / Б.А. Головкин. – М.: Радио и связь, 1988. – 94 с.

4. Петров А.С. Методика управления сетевым трафиком для повышения живучести корпоративной сети / А.С. Петров, А.В. Минин // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – №. 2 (29). – С. 65-69.

5. Основы теории вычислительных систем: учеб. пособие для вузов; под ред. С.А. Майорова. – М.: Высшая школа, 1978. – 408 с.

6. Архитектуры, модели и технологии программного обеспечения информационно-управляющих систем: Монография / [Ткачук Н.В., Шеховцов В.А., Кукленко Д.В., Сокол В.Е.; Под ред. М.Д. Годлевского]. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. – 546 с.

7. Рожков Л.И. Автоматизированный комплекс управления РЛС / Л.И. Рожков. – К.: КВИРТУ, 1982. – 336 с.

8. Гунченко Ю.О. Аналітична модель функціонування обчислювальної мережі тренажерно-моделюючої системи підготовки підрозділів спеціального призначення / Ю.О. Гунченко, А.А. Гончарук, А.С. Шворов // Системи обробки інформації. – 2013. – Вип. 1 (108). – С. 40-43.

В статье приведена методика оценки оперативности реализации процессов сбора и обработки информации, а также выдачи управляющих сигналов на объекты управления в сложных системах управления. Предложены аналитические соотношения оценки оперативности управления с учетом случайного характера процессов сбора и обработки данных, а также управления объектами в реальном времени с заданным временным циклом.

Аналитическая модель, вычислительная сеть, оперативность управления, сложная система управления.

In this paper the technique of evaluation of the efficiency of the collection and processing of information, and the output of control commands to the control object in complex systems management. The analytical evaluation of management efficiency ratio, taking into account the random nature of the collection and processing of data, and manipulate objects in real time with a given cycle time.

The analytical model, computer network, management efficiency, complex control system.

